

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-152731

(43)Date of publication of application : 09.06.1998

(51)Int.Cl.

C22C 1/02

C22C 1/02

B22D 17/00

C22C 21/02

(21)Application number : 08-314329

(71)Applicant : UBE IND LTD

(22)Date of filing : 26.11.1996

(72)Inventor : ADACHI MITSURU

SATO SATOSHI

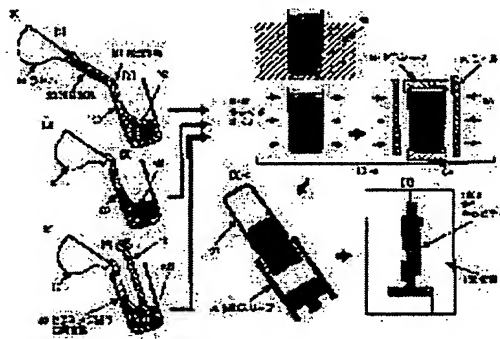
SASAKI HIROTO

(54) SEMI-SOLID METAL MOLDING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method of molding a molten metal, capable of producing a molded body having a fine and spherical thixotropic structure easily at as low cost without recourse to the conventional mechanical stirring and electromagnetic stirring methods.

SOLUTION: A hyper-eutectic Al-Si alloy M2 containing 0.005-0.03% P, poured into a holding vessel 30 having  $\geq 1\text{kcal/mh}^\circ\text{C}$  thermal conductivity, is held while being cooled down to a molding temp. at which prescribed liquid phase ratio is reached. At this time in the case where the molding temp. is higher than the binary eutectic temp. of Al and Si, the average cooling rate, from the temp. directly after the completion of pouring of the alloy m2 until the molding temp. showing prescribed liquid phase ratio is reached, is regulated to (0.15 to  $2.0^\circ\text{C/s}$  to crystallize fine primary-crystal Si in the alloy liquid M2, and further, an eutectic structure is allowed to crystallize out until prescribed liquid phase ratio is reached at the eutectic temp. Subsequently, the alloy M2 is taken out from the holding vessel 30, fed to a metal mold 100 for molding, and subjected to pressure molding.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-152731

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月9日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

C 2 2 C 1/02

B 2 2 D 17/00

C 2 2 C 21/02

識別記号

5 0 1

5 0 3

F I

C 2 2 C 1/02

B 2 2 D 17/00

C 2 2 C 21/02

5 0 1 B

5 0 3 J

Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平8-314329

(22) 出願日

平成8年(1996)11月26日

(71) 出願人 000000206

宇部興産株式会社

山口県宇部市西本町1丁目12番32号

(72) 発明者 安達 充

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング  
事業本部内

(72) 発明者 佐藤 智

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング  
事業本部内

最終頁に続く

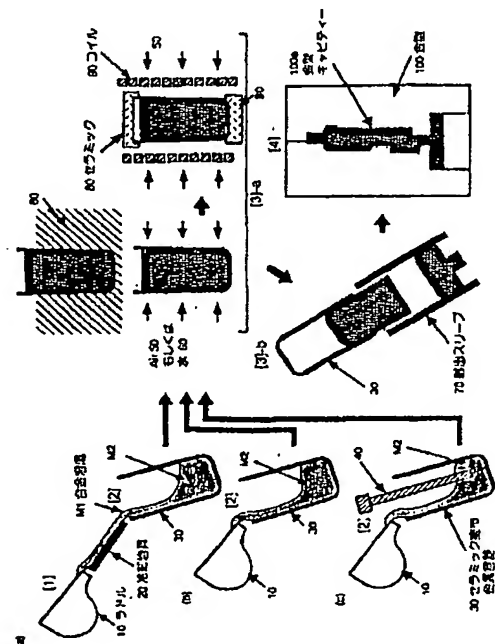
(54) 【発明の名称】 半熔融金属の成形方法

(57) 【要約】

(修正有)

【課題】 従来の機械攪拌法や電磁攪拌法によらず、簡便容易に、かつ、低コストで微細かつ球状のチクソ組織を有する成形体が得られる溶融金属の成形方法を提供する。

【解決手段】 熱伝導率が  $1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$  以上の保持容器の中に注湯された  $P$  を  $0.005\% \sim 0.03\%$  含む過共晶  $Al-Si$  系合金を、所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら保持する工程において、成形温度が  $Al$ 、 $Si$  の二元共晶温度より高い場合には、該合金の注湯完了直後の温度から所定の液相率を示す成形温度に到達するまでの平均冷却速度を  $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$  とすることにより微細な初晶  $Si$  を該合金液中に晶出させることにより微細な初晶  $Si$  を該合金液中に晶出させ、さらに該共晶温度において所定の液相率を示すまで共晶組織を晶出させ、その後、該合金を該保持容器から取り出して成形用金型に供給して加圧成形する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 熱伝導率が $1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 以上の保持容器の中に注湯されたPを0.005%~0.03%含む過共晶Al-Si系合金を、所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら保持する工程において、成形温度がAl、Siの二元共晶温度より高い場合には、該合金の注湯完了直後の温度から所定の液相率を示す成形温度に到達するまでの平均冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより微細な初晶Siを該合金液中に晶出させ、あるいは、成形温度がAl、Siの二元共晶温度以下の場合には、該合金の注湯完了直後の温度からAl、Siの二元共晶温度に到達するまでの冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより微細な初晶Siを該合金液中に晶出させ、さらに該共晶温度において所定の液相率を示すまで共晶組織を晶出させ、その後、該合金を該保持容器から取り出して成形用金型に供給して加圧成形することを特徴とする半溶融金属の成形方法。

【請求項2】 過共晶Al-Si合金を、0.005%~0.03% Srおよび0.001%~0.01% Naのうち、少なくともどちらかを含む過共晶Al-Si合金とした請求項1記載の半溶融金属の成形方法。

【請求項3】 合金溶湯を保持容器の中に注湯する方法は、冷却治具に接触させて合金溶湯の温度を下げながら注ぐか、あるいは、注がれ蓄えられていく合金溶湯を加振棒で振動させながら注ぐか、液相線温度に対する過熱度が $100^\circ\text{C}$ 未満の温度の液体状態の合金溶湯を治具を使用することなく直接注ぐこととした請求項1または請求項2記載の半溶融金属の成形方法。

【請求項4】 保持容器の中に注湯された合金の冷却方法を、該保持容器の外部へ空気または水を噴射する方法か、あるいは、該保持容器を所定の時間だけ冷却水に浸漬する方法のうち、少なくともいずれかとする請求項1ないし請求項3記載の半溶融金属の成形方法。

【請求項5】 保持容器に注湯された合金の温度保持を、誘導加熱により該保持容器内の合金の各部の温度を遅くとも成形する時までには所定の液相率を示す目標成形温度範囲内に収めるように温度調整することとした請求項1ないし請求項4記載の半溶融金属の成形方法。

【請求項6】 少なくとも保持容器の上部または下部のいずれかを保温するか、あるいは、該上部または該下部を該保持容器の中央部に比べて高温に加熱するが、あるいは、該保持容器の上部または下部の厚みを該保持容器の中央部よりも薄くした請求項1ないし請求項5記載の半溶融金属の成形方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半溶融過共晶Al-Si系合金の成形方法に係り、熱伝導率が $1 \text{ kcal}$

$/\text{mh}^\circ\text{C}$ 以上の保持容器の中に注湯されたPを0.005%~0.03%含む過共晶Al-Si系合金を、所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら保持する工程において、該合金の注湯完了直後の温度から、Al、Siの二元共晶温度まであるいは該共晶温度より高い成形温度までの平均冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより、微細な初晶Siを該合金液中に晶出させ、必要に応じて引き続き所定の液相率を示すまで共晶組織を晶出させ、該合金を該保持容器から取り出して成形用金型に供給して加圧成形する半溶融金属の成形方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 過共晶合金は、耐摩耗性、耐熱性に優れた合金として知られ、低圧鋳造、重力鋳造、高速ダイキャスト法、スクイズ鋳造法などを用いてピストン、エンジンブロックなどに多く使用されている。チクソキャスト法(A)は、従来の鋳造法に比べて鋳造欠陥や偏析が少なく、金属組織が均一で、金型寿命が長いことや成形サイクルが短いなどの利点があり、最近注目されている技術である。この成形法において使用されるビレットは、半溶融温度領域で機械攪拌や電磁攪拌を実施するか、あるいは加工後の再結晶を利用することによって得られた球状化組織を特徴とするものである。一方、ビレットを半溶融温度領域まで昇温し成形する方法と異なり、球状の初晶を含む融液を連続的に生成し、ビレットとして一旦固化することなく、そのままそれを成形するレオキャスト法(B)が知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、過共晶合金においては、とりわけ、Si量が15%を超えるような合金においては、湯流れ性は優れているものの粗大な引け欠陥(ざく巣)が発生しやすい。加えて、初晶Siの微細化剤として添加されているPの効果を十分に発揮させるため、鋳造温度が高くなる必要があり、そのために、凝固時間が長くなり最終凝固部に引け欠陥が発生しやすい。高速ダイキャストにおいては、冷却速度が速く、初晶Siは細かいものの金型キャビティに溶湯を充填する際に空気が巻き込みやすく高品質を要求される製品には不適である。また、上述した(A)の方法によれば、金型に充填されてからの冷却速度は速く引け欠陥の発生は少ないが、半溶融成形用のビレットを製造するための攪拌法や再結晶を利用する方法はいずれの場合も煩雑であり、製造コストが高くなる難点がある。しかも、半溶融成形するためには、一旦液相を固化しそのビレットを再度半溶融温度領域まで昇温する必要があり、従来鋳造法に比べてコスト高になり、また原料としてのビレットはリサイクルが難しく、また液相率もビレットのハンドリング上の問題から高くできない。

【0004】 また、(B)の方法では、球状の初晶を含む融液を連続的に生成供給するため、コスト的、エネル

的にもチクソキャストよりも有利であるが、球状組織と液相からなる金属原料を製造する機械と最終製品を製造する鑄造機との設備的連動が煩雑である。しかも、半溶融過共晶A1-S1系合金に関しての報告はほとんどない。

【0005】本発明は、上述の従来の方方法の問題点に着目し、ピレットを使用することなくしかも煩雑な方法をとることなく、簡便容易に、微細な初晶S1を含む均一な組織と、均一な温度分布を有する成形に適した半溶融金属（従来チクソキャスト法より高液相率の半溶融金属まで対象となる）を得て、加圧成形する方法を提供することを目的とするものである。

【0006】

【問題点を解決するための手段】このような問題点を解決するために、本発明においては、第1の発明では、熱伝導率が $1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 以上の保持容器の中に注湯されたPを0.005%~0.03%含む過共晶A1-S1系合金を、所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら保持する工程において、成形温度がA1、S1の二元共晶温度より高い場合には、該合金の注湯完了直後の温度から所定の液相率を示す成形温度に到達するまでの平均冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより微細な初晶S1を該合金液中に品出させ、あるいは、成形温度がA1、S1の二元共晶温度以下の場合には、該合金の注湯完了直後の温度からA1、S1の二元共晶温度に到達するまでの冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより微細な初晶S1を該合金液中に品出させ、さらに該共晶温度において所定の液相率を示すまで共晶組織を品出させ、その後、該合金を該保持容器から取り出して成形用金型に供給して加圧成形することとした。

【0007】また、第2の発明では、第1の発明のPに加え、0.005%~0.03% Srおよび0.001%~0.01% Naのうち少なくともどちらかを添加した過共晶A1-S1合金とした。さらに第3の発明では合金溶湯を保持容器の中に注湯する方法は、冷却治具に接触させて合金溶湯の温度を下げながら注ぐか、あるいは、注がれ蓄えられていく合金溶湯を加振棒で振動させながら注ぐか、液相線温度に対する過熱度が $100^\circ\text{C}$ 未満の温度の液体状態の合金溶湯を治具を使用することなく直接注ぐこととした。また、第4の発明では、保持容器の中に注湯された合金の冷却方法を、該保持容器の外部へ空気または水を噴射する方法か、あるいは、該保持容器を所定の時間だけ冷却水に浸漬する方法のうち、少なくともいずれかとした。

【0008】そして、第5の発明では、保持容器に注湯された合金の温度保持を、誘導加熱により該保持容器内の合金の各部の温度を遅くとも成形する時までには所定の液相率を示す目標成形温度範囲内に収めるように温度調整することとした。また、第6の発明では、少なくと

も保持容器の上部または下部のいずれかを保温するか、あるいは、該上部または該下部を該保持容器の中央部に比べて高温に加熱するか、あるいは、該保持容器の上部または下部の厚みを該保持容器の中央部よりも薄くした。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明では、熱伝導率が $1 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 以上の保持容器の中に所定の方法で注湯されたPを0.005%~0.03%含む過共晶A1-S1系合金を、所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら保持する工程において、該合金の注湯完了直後の温度から、A1、S1の二元共晶温度まであるいは該共晶温度より高い成形温度までの平均冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより、微細な初晶S1を該合金液中に品出させ、必要に応じて引き続き所定の液相率を示すまで共晶組織を品出させ、その後、該合金を該保持容器から取り出して成形用金型に供給して加圧成形することにより、微細かつ均一な初晶S1を有する優れた成形体が得られる。

【0010】

【実施例】以下、図面に基いて本発明の実施例の詳細について説明する。図1~図8は本発明の実施例に係り、図1はP添加過共晶A1-S1系合金の半溶融金属の製造から成形までを示す工程説明図、図2は極微細な初晶S1の生成から成形までの工程説明図、図3は図2に示した各工程の金属組織の模写図、図4はA1-S1系合金の平衡状態図、図5は本発明例の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図、図6、図7および図8は比較例の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

【0011】本発明においては、図1、図4に示すように、液相線温度よりも高いP添加過共晶合金溶湯を、

(1) 冷却治具20に接触させる、(2) 液相線温度に対する過熱度を $100^\circ\text{C}$ 未満とする、(3) 保持容器に注がれて蓄えられていく溶湯に加振棒40で振動させる、のいずれかの方法により、保持容器30に注ぎ液中に結晶核（微細な結晶）を発生させ、その保持容器30内において該合金M2の注湯完了直後の温度から、A1、S1の二元共晶温度まで、あるいは、該共晶温度より高い成形温度までの平均冷却速度を $0.15^\circ\text{C/s} \sim 2.0^\circ\text{C/s}$ とすることにより、微細な初晶S1を該合金液中に品出させる。実用の過共晶A1-S1合金は初晶の品出量が少ないために、必要に応じて引き続き、所定の液相率を示すまで共晶組織を品出させる。その後、該合金を該容器から取り出して成形用金型に供給して加圧成形するようにした。

【0012】ここで、注湯完了直後の温度は、図1に示すように、液相線温度以下の一部固相を含む温度（点b2）、あるいは、液相線温度に対する過熱度が $10^\circ\text{C}$ 以下（点b2）とする。過熱度が $10^\circ\text{C}$ を超えるような場合、保持容器30内の金属溶湯の冷却が遅くなり、微細

5

な初晶S1が得られにくくなる。

【0013】本発明でいう「保持容器」とは、注湯された金属溶湯を所定の液相率まで冷却し、微細な組織を品出させるために用いるものであるが、該保持容器30の室温における熱伝導率が $1.0 \text{ kcal/hr}^\circ\text{C}$ 未満の場合は、断熱性が良いため、該保持容器30に注がれた合金溶湯が所定の液相率を示す温度まで冷却保持される時間が長くなり、作業能率が悪く、かつ、生成した初晶も粗くなり成形性が低下する。このため、保持容器の熱伝導率は $1.0 \text{ kcal/mhr}^\circ\text{C}$ とする。また、材質は、金属または非金属あるいは非金属を塗布した金属のいずれでも構わない。また、保持容器30の厚みに関しては、注湯された後、保持容器30の壁面に接する合金溶湯より凝固層が発生しないか、あるいは、発生してもその後の高周波誘導装置により容易に再熔融する厚みとすることが望ましく、合金の種類および保持容器30内の合金の重量により適宜決定される。ちなみに、 $2 \text{ kg}$ 程度の鋳物の製造に当たっては、たとえば $3 \text{ mm}$ 以下の平均厚みのステンレス容器や鋳鉄容器が使用される。

【0014】また、「所定の液相率」とは、加圧成形に適する液相の量を意味し、ダイカスト鋳造、スクイズ鋳造などの高圧鋳造では液相率は $30\% \sim 95\%$ 、好ましくは $40\% \sim 70\%$ とする。 $30\%$ 未満では保持容器30からの取り出しが容易でなく、また素材の成形性が劣り、 $95\%$ 以上では素材が軟らかいためハンドリングが難しいばかりでなく、均一な組織が得にくくなる。押出法や鍛造法では、 $1.0\% \sim 70\%$ 、好ましくは $10\% \sim 65\%$ とする。 $1.0\%$ 未満では変形抵抗が高いので、 $1.0\%$ 以上とする。 $70\%$ を超える場合は、組織の不均一が生じる怖れがある。

【0015】また、合金を保持容器の中に「注湯する方法」は、注湯された溶湯中に結晶核（微細結晶）を発生させることが出来るものであり、異質核として、あるいは、結晶遊離の促進元素として、働く微細化剤Pの効果を実現させるために、冷却治具（具体的には傾斜板）と接触させる、あるいは、注湯され蓄えられる溶湯に加振棒により振動を付与する。もしくは、液相線温度に対する過熱度が $100^\circ\text{C}$ 未満とする。過熱度が $100^\circ\text{C}$ を超えると粗大なS1が発生しやすい。このため $100^\circ\text{C}$ 未満とする。好ましくは溶湯の過熱度を $30^\circ\text{C}$ 未満とすることにより微細な初晶を得ることができる。なお、長時間の低温での溶湯保持は、Pの凝集をもたらす、微細化効果を低下させるので、注意が必要である。なお、本発明の「振動」とは、振動発生装置の種類、振動条件（周波数、振幅）を限定するものでないが、市販のエア式振動装置、電動式振動装置でもよく、また使用される振動条件としては、たとえば、周波数は $10 \text{ Hz} \sim 50 \text{ kHz}$ 、好ましくは $50 \text{ Hz} \sim 1 \text{ kHz}$ 、片振幅は $1 \text{ mm} \sim 0.1 \mu\text{m}$ 、好ましくは $500 \mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$ が望ましい。

6

【0016】また、保持容器30の中に注湯された合金の共晶温度までの「冷却方法」は、所定の冷却速度で強制的に冷却させるために行なわれるものであり、保持容器30の外部へ空気または水を噴射するか、あるいは保持容器30を所定の時間だけ冷却水に浸漬する。また、保持容器に注湯された合金の「温度保持」は、急速に冷却することにより生じた保持容器各部の温度の不均一を誘導加熱により遅くとも成形する時まで、所定の液相率を示す目標成形温度範囲内に収めるように温度調整するようにするものである。成形温度が共晶温度より高い場合（点c1）には、保持容器内の代表温度（保持容器内に入れられた合金の中心温度）が目標成形温度に対して $10^\circ\text{C}$ 以上低下しない段階までに、所定量の電流を所定の時間内に流して目標成形温度に対して $-5^\circ\text{C} \sim +5^\circ\text{C}$ の温度範囲に収める。成形温度が2元共晶温度である場合（点c2）には、共晶温度より低下しない段階で所定量の電流を所定の時間内に流して所定の液相率を示すようにする。

【0017】保持容器30に注湯された合金が成形に適した液相率を示すまで冷却される際に、保持容器上部および保持容器下部は、「加熱もしくは保温」が必要である。それがなされない場合、該保持容器の上部および／あるいは保持容器の下部の合金の表皮部に粗大な初晶が発生したり、凝固層が成長し保持容器内の金属の温度分布も不均一になるため、高周波誘導により加熱しても保持容器から合金を反転して取り出す場合、保持容器から所定の液相率の合金を排出出来なかったり、保持容器内部に凝固層が残る連続成形が困難になったり、温度分布が完全に改替されなかったりする。このため、注湯後成形温度までの保持時間が短い場合、冷却過程では保持容器上部および／あるいは保持容器下部を保持容器中央部より加熱したりあるいは保温し、必要に応じて、注湯後の冷却過程だけでなく、注湯前にあらかじめ該保持容器の上部、下部を加熱する。また、保持容器の上部、下部の厚みを薄くすることは、中央部に比べて凝固層の生成を抑制することに効果的である。

【0018】具体的には、以下のとおりの手順により作業を進める。図2および図3の工程[1]においてラドル10内に入れられた完全液体である金属M1を工程[2]において、傾斜冷却用治具20に溶湯を接触させて、あるいは保持容器（セラミック塗布金属製容器）30内に注湯され蓄えられていく溶湯に加振棒40により振動を付与して（注湯完了後は振動棒は引き上げる）、あるいは、溶湯の液相線温度に対する過熱度を $100^\circ\text{C}$ 未満、好ましくは $50^\circ\text{C}$ 未満、さらに好ましくは $30^\circ\text{C}$ 未満に保持して、保持容器内に注ぐことにより結晶核（あるいは微細結晶）を含む液相線直上、直下の合金を得る。

【0019】次に、工程[3]において、保持容器30の外部から空気50または水60を噴射するか、あるい

は、保持容器30を所定の時間ほど冷却水に浸漬するか、もしくは、これらの方法を併用するかして、合金溶湯の注湯完了直後の温度から、A1、S1の二元共晶温度まで、あるいは、該共晶温度より高い成形温度までを、 $0.15^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 2.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で冷却しながら、加圧成形直前まで保持容器30内に保持し、微細な初晶を該合金M2中に晶出させる。この間、保持容器30回りの加熱コイル90に通電することにより誘導加熱を行ない、また、保持容器30の上部、下部に保温用のセラミック（熱伝導率が $1\text{ kcal}/\text{mhr}^{\circ}\text{C}$ 未満）80により、成形する時点までに所定の液相率を示す目標温度範囲内に保持容器内各部の温度を収める。これにより、導入された結晶核から微細な初晶S1が生成し（工程【3】-a）、固相率の増加に伴ない初晶S1が周囲に初晶 $\alpha$ を伴って成長する。このようにして得られた所定の液相率を有する合金M2を、たとえば、工程【3】-bのように、ダイキャストの射出スリーブ70に挿入した後、ダイキャストマシンの金型キャビティ100a内で加圧成形して成形品を得る。

【0020】図1、図2、図3に示す本発明の方法と、従来のチクソキャスト法、レオキャスト法の違いは図より明らかである。すなわち、本発明では従来法のように、半溶融温度領域で晶出した初晶を機械攪拌や電磁攪拌で強制的に破砕球状化することではなく、半溶融温度領域での温度低下とともに液中に導入された結晶核を起点として晶出、成長する多数の初晶が合金自身が持っている熱量により（必要に応じて外部から加熱保持されることもありうる）連続的に粒状化されるものであり、また、チクソキャスト法におけるピレットの再昇温による半溶融化の工程が省かれているため極めて簡便な方法である。

【0021】上述した各工程、すなわち、図2に示す保持容器への注湯工程、粒状化工程、のそれぞれにおいて設定された条件や本発明で示した数値限定理由について

以下に説明する。亜共晶A1-S1系合金では、傾斜冷却板を通過した合金を冷却しながら半溶融温度領域に保持することにより微細な球状の初晶が得られるが、過共晶A1-S1系合金では $40\mu\text{m}$ 未満の初晶S1は容易には得られない。そこで、多数の結晶核を発生させるためにPを添加するが、 $0.005\%$ 未満では微細化効果は小さく、 $0.03\%$ を超えて添加してもそれ以上の効果は期待出来ないので、Pは $0.005\% \sim 0.03\%$ とする。保持容器30の中に注湯されたPを $0.005\% \sim 0.03\%$ 含む過共晶A1-S1系合金を、所定の液相率を示す成形温度まで冷却しながら保持する工程において、該合金の注湯完了直後の温度から、A1、S1の二元共晶温度まで、あるいは、該共晶温度より高い成形温度までの平均冷却速度を、 $0.15^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 2.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。 $0.15^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 未満では、たとえばPが含まれていても、いずれの注湯法（冷却板接触法、低温溶湯注湯法、振動法）を使用しても、 $40\mu\text{m}$ 未満の初晶S1は容易には得られず、粗大なS1が混在する。また、 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ を越えると、微細な初晶S1以外に粗大な針状S1が発生し組織が不均一になる。このため、平均冷却速度を $0.15^{\circ}\text{C}/\text{s} \sim 2.0^{\circ}\text{C}/\text{s}$ とする。

【0022】共晶温度域での保持時間が長い場合、共晶組織が粗くなる。このため、共晶組織を細かくし機械的性質を改善するために、SrあるいはNaを添加する。Srが $0.005\%$ 未満であれば、共晶S1の微細化効果は小さく、 $0.03\%$ を超えて添加すると、初晶S1の微細化を損なうことがあることから、 $0.005\% \sim 0.03\%$ とする。Naは $0.001\%$ 未満であれば、共晶S1の微細化効果は小さく、 $0.01\%$ を超えて添加すると、初晶S1の微細化を損なうことがあることから、 $0.001\% \sim 0.01\%$ とする。

【0023】

【表1】

No.	合金組成				冷却速度 (°C)	冷却治具 有無	容器内 メタル温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	液相率 (%)	初晶Si のサイズ ( $\mu\text{m}$ )	組織の 均一性	高周波加熱 使用有無	容器の局部加熱、 局部保温の有無	備考
	Si (%)	P	Na	Sr										
比較例	1	20	無	無	730	有①	640	0.41	60	170	×	有	有	P無添加
	2	20	有	無	750	有①	654	0.12	60	75	×	有	有	冷却速度遅い
	3	20	有	無	750	有①	675	0.14	60	90	×	有	有	冷却速度遅い
	4	20	有	無	750	有①	640	0.40	60	30	×	無	有	温度分布悪い
	5	20	有	無	750	有①	642	0.42	60	30	×	無	無	温度分布悪い
	6	20	有	無	750	有②	635	0.40	60	35	×	有	無	温度分布悪い
本発明例	7	20	有	無	800	有①	630	2.20	60	40	×	有	有	冷却速度速すぎる
	8	20	有	無	715	無	675	0.50	70	40	○	有	有	
	9	20	有	無	750	有①	660	0.43	60	30	○	有	有	
	10	20	有	無	750	有②	645	0.32	60	35	○	有	有	
	11	20	有	無	750	有②	640	0.80	60	27	○	有	有	
	12	20	有	有	735	有①	650	0.40	60	30	○	有	有	
	13	20	有	無	740	有②	620	0.32	60	32	○	有	有	
	14	15	有	無	720	無	698	0.92	60	38	○	有	有	

・ 融点：Al-20%Si合金：692°C、Al-15%Si合金：670°C  
 ・ 冷却速度：注湯完了直後の温度から共晶温度までの冷却速度  
 ・ 添加剤：P：0.02%、Na：0.003%、Sr：0.01%  
 ・ 容器内メタル温度：注湯完了直後の温度  
 ・ 冷却治具：有①：冷却板、有②：振動器  
 ・ 容器の局部加熱、局部保温：容器の上部、下部の温度調整  
 ・ 加熱：赤外線ヒータ使用、保温：セラミックを使用  
 ・ 液相率：平衡状態図および冷却カーブから推定した

【0024】表1に、半熔融金属の製造条件および成形体の組織観察の結果を示す。成形は、図2に示すように、半熔融金属を射出スリーブ70に挿入し、その後、スクイズ鋳造機を用いて行なった。成形条件は、加圧力 950kgf/cm<sup>2</sup>、射出速度0.5m/s、鋳造品重量（バスケット含む）1.5kg、金型温度230°Cとした。比較例1では、Pを含んでいないため、冷却板を使用しても微細な初晶Siは得られず、図6に示すような粗大な初晶Siしか得られない。比較例2、比較例3では、冷却速度が遅いために微細な初晶Siの他に、図7に示すような粗大な初晶Siが混在する。比較例4、比較例5、比較例6では、保持容器内メタルの温度調整のための高周波誘導炉の使用あるいは保持容器の上部、下部の保温のいずれかが無いため、保持容器からメ

タルを排出することが出来なかったり、成形時に不均一な組織が発生する。比較例7では、冷却速度が遅いため、図8に示すように微細な組織以外に、粗大な針状Siが発生する。

【0025】一方、本発明例8～14では、図5に示すような微細な初晶Siが得られる。

【0026】

【発明の効果】以上説明したことから明らかなように、本発明に係る半熔融金属の成形方法では、従来の機械攪拌法、電磁攪拌法によらず、簡便容易に、かつ、低コストで微細かつ粒状の組織を有する成形体が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に実施例に係るP添加過共晶Al-Si系合金の半熔融金属の製造から成形までを示す工程説明



図である。

【図2】本発明の実施例に係る極微細な初晶Siの生成から成形までの工程説明図である。

【図3】図2に示した各工程の金属組織の模式図である。

【図4】本発明の実施例に係る代表的なAl-Si系合金の平衡状態図である。

【図5】本発明例の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

【図6】比較例の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

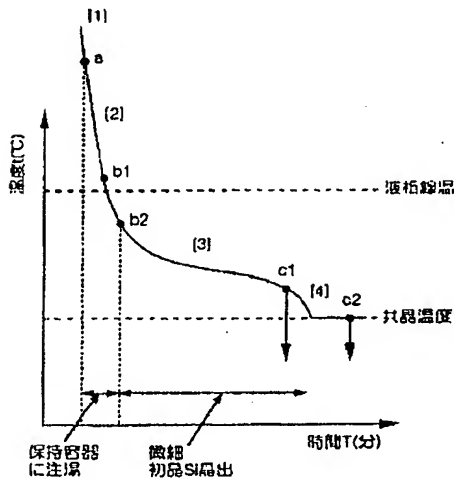
【図7】比較例の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

【図8】比較例の金属組織を示す顕微鏡写真の模写図である。

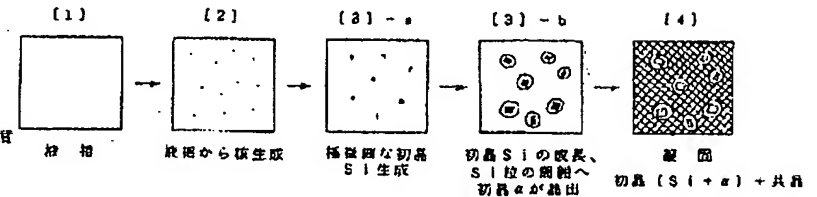
【符号の説明】

- 10 ラドル
- 20 冷却治具
- 30 保持容器（金属製容器）
- 40 加振棒
- 50 空気
- 60 水
- 70 射出スリーブ
- 80 セラミック
- 90 コイル
- 100 金型
- 100a 金型キャビティ
- M<sub>1</sub> 金属溶湯
- M<sub>2</sub> 金属溶湯
- T 保持時間
- i 容器内メタル温度

【図1】



【図3】



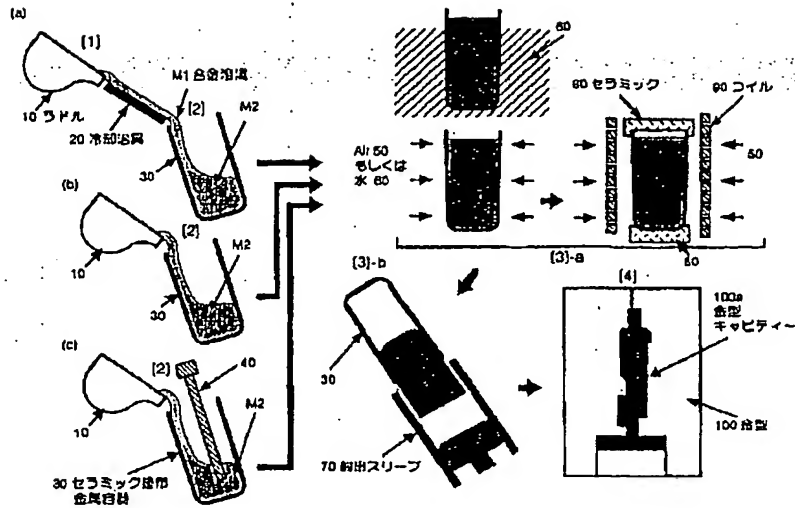
【図5】



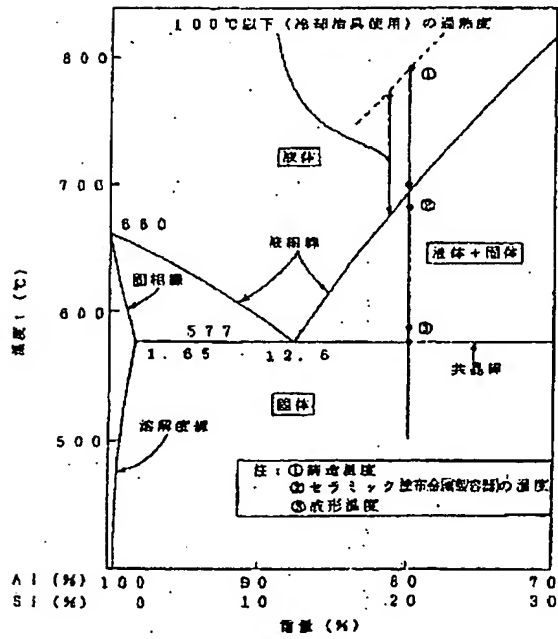
【図6】



【図2】



【図4】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 佐々木 寛人

山口県宇部市大字小串字沖の山1980番地

宇部興産株式会社機械・エンジニアリング

事業本部内